DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS E PLANEJAMENTO URBANO: O ATERRO SANITÁRIO DA ZONA NORTE DE PORTO ALEGRE – RS/BRASIL[1]

Ana Maria de Aveline BERTÊ[2]

INTRODUÇÃO

As temáticas sobre o Quinário ou Tecnógeno e os depósitos tecnogênicos se desenvolveram principalmente a partir de trabalhos de autores soviéticos como GERASIMOV, SERGEEV, CHEMEKOV e TER-STEPANIAN, em meados dos anos 80. No Brasil estas abordagens começaram a ter alguma penetração nos meios acadêmicos a partir dos anos 90. Porém, ainda são poucos os trabalhos dedicados a caracterização e distribuição dos depósitos tecnogênicos; embora a temática que os envolve já não seja estranha, principalmente entre geólogos e geomorfólogos desde a divulgação de trabalhos de autores como OLIVEIRA e PELOGGIA, por exemplo.

Assim, para uma das mais novas concepções teóricas em geologia e geomorfologia, o homem vem sendo considerado como agente geológico-geomorfológico devido a sua capacidade de interferir sobre o meio natural, produzindo através de suas ações técnicas, efeitos que se acumulam e se diversificam por toda a superfície do planeta, podendo inclusive aumentar ou diminuir a intensidade de processos naturais.

Os testemunhos da sua ação sobre a superfície ficam registrados na forma de depósitos tecnogênicos construídos, induzidos ou modificados. Estes depósitos caracterizam uma classe genética independente, embora possam ser encontradas semelhanças com os depósitos naturais. Geralmente estão desvinculados dos locais onde se formam e apresentam artefatos diversos, além de expressarem um momento histórico do desenvolvimento tecnológico. E é no espaço urbano que se verifica mais facilmente a sua presença. No entanto, a sua distribuição, gênese, estrutura e dinâmica interna ainda não são conhecidas suficientemente e a sua presença, assim como a dos depósitos superficiais do Quaternário, raramente são mencionadas em mapeamentos ou trabalhos de caracterizações geotécnicas, geológicas, geomorfológicas e de solos.

Foi com base nestas idéias que neste trabalho procurou-se investigar a presença dos depósitos tecnogênicos construídos no município de Porto Alegre na forma de aterros urbanos, lixões e aterros sanitários. Estes são hoje, provavelmente, os tipos de depósitos tecnogênicos mais comumente encontrados na área do município, principalmente no interior da malha urbana.

A justificativa da investigação centrou-se no reconhecimento do fato de a presença de lixões e aterros sanitários, por se constituirem em áreas problemáticas do ponto de vista de uso e ocupação posteriores, evidenciarem a necessidade de definição de formas de planejamento e gestão que considerem a sua gênese, constituição e os principais elementos da sua dinâmica interna. Isto, a fim de poder avaliar as modificações ambientais resultantes da sua introdução e sugerir as melhores formas de apropriação e aproveitamento posterior destes espaços, visto que, dentro da malha urbana das cidades, é praticamente impossível manter ao longo do tempo, espaços amplos sem função definida.

[1] Dissertação defendida em março de 2001 sob orientação da Prof. Dra. Dirce Maria Antunes Suertegaray.
[2] Geógrafa da Secretaria da Coordenação e Planejamento do Estado do Rio Grande do Sul e Mestre em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Com base nesta abordagem e por seu significado em relação a paisagem urbana de Porto Alegre, selecionou-se o *Aterro Sanitário da Zona Norte - ASZN* para estudo de caso. Sobre ele foram investigadas a origem, estrutura e os elementos próprios da sua dinâmica interna. Para tal foi necessária a realização de investigação sobre as características inerentes aos resíduos sólidos urbanos e os elementos que envolvem a sua degradação, capazes de influir na dinâmica ambiental do meio circundante.

A revisão bibliográfica envolveu a investigação sobre as técnicas empregadas na formação do Aterro e sua estruturação e dinâmica interna. Foram realizados ainda mapeamentos diversos e alguns procedimentos de campo que objetivaram caracterizar os aspectos estratigráficos do Aterro, bem como análise laboratorial de amostras de material para determinar conteúdos de matéria orgânica, inorgânica e teor de umidade e ainda experimento de campo para avaliar o comportamento da infiltração da água de precipitação.

Este trabalho teve como objetivo geral trazer novos elementos para a discussão de métodos e instrumentos de análise ambiental para a área de planejamento urbano de uma das regiões mais densamente ocupadas do Estado do Rio Grande do Sul, devendo estimular o surgimento de novas formas de interpretação dos elementos constituintes do meio urbano, incluindo aqueles que estão altamente influenciados pela ação humana e que, portanto, possuem características genéticas, de constituição e dinâmica diferenciadas, que resultam em limitações para usos posteriores.

MÉTODOS E TÉCNICAS

Para atingir o objetivo proposto, desenvolveu-se o trabalho utilizando três escalas espaciais diferentes. Mas, antes foi necessário realizar uma ampla revisão bibliográfica sobre o significado da escala temporal para a geologia e geomorfologia e sobre o período Quaternário em particular e sua periodização interna. Nesta revisão buscou-se elementos que fundamentassem a concepção do homem como agente geológico-geomorfológico através da identificação dos testemunhos de sua ação sobre a superfície sob a forma de depósitos tecnogênicos. Utilizou-se, então, as classificações de OLIVEIRA e FLANNING & FLANNING citadas por PELOGGIA em sua obra *O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação humana no município de São Paulo* (1998), para identificar, segundo a origem e material constituinte, os depósitos tecnogênicos na forma de aterros urbanos, lixões e aterros sanitários.

Trabalhando em escala de município, passou-se a identificação da localização e características de alguns dos depósitos tecnogênicos construídos do município de Porto Alegre através também de revisão bibliográfica. Esta etapa incluiu a elaboração de um produto cartográfico em escala 1: 60.000, utilizando imagem de satélite LANDSAT TM, composição colorida nas bandas 3,4 e 5, de março de 1999 e informações obtidas do *Mapa Geotécnico de Solos* e *Mapa do Sistema de Gerenciamento de Resíduos Sólidos* do *Atlas Ambiental de Porto Alegre* (1988).

Utilizando a escala de bacia hidrográfica foi possível identificar elementos da dinâmica ambiental do Aterro Sanitário da Zona Norte através da adoção de alguns conceitos da abordagem de AB'SÁBER (1969) que propõe três níveis de análise para estudos geomorfológicos. A primeira diz respeito a *compartimentação geomorfológica*, que permite a individualização dos diferentes domínios de formas do relevo. A segunda se refere ao levantamento da *estrutura superficial da paisagem* que considera a caracterização do meio físico e aspectos do uso do solo. E por fim, o estudo da *fisiologia da paisagem* que procura compreender os processos morfogenéticos que fazem parte da dinâmica atual, onde o homem se insere como sujeito transformador, resultando na análise das relações dinâmicas de uso do solo com os processos morfodinâmicos.

Assim, identificado o compartimento ao qual o Aterro está associado, procedeu-se a sua individualização na paisagem e identificação fisiográfica sob a denominação de *morrote*

artificial e *pequenas elevações tabulares*, com base na análise da sua forma e dimensão. Estas denominações foram adotadas procurando relacionar o mínimo possível as formas do aterro com conceitos de feições geomorfológicas baseados em elementos essencialmente naturais, o que seria um erro, já que o mesmo tem origem em processos antrópicos. E, ainda, considerou-se as informações dos técnicos do DMLU, segundo os quais o *morrote*, após o selamento definitivo, deverá assumir a forma de pirâmide alongada, devido ao preenchimento das laterais ou taludes.

Foram associadas ainda à caracterização geomorfológica, geológica e pedológica, informações sobre o uso do solo predominante para cada compartimento através de análise da *Carta Imagem das Bacias dos Arroios da Areia e Passo das Pedras* e do *Mapa de Uso do Solo das Bacias dos Arroios da Areia e Passo das Pedras.*

Para esta etapa do trabalho foram elaborados *o Mapa de Localização do Aterro Sanitário da Zona Norte,* o *Mapa Geomorfológico das Bacias dos Arroios da Areia e Passo das Pedras,* a *Carta Imagem das Bacias dos Arroios da Areia e Passo das Pedras* e o *Mapa de Uso do Solo das Bacias dos Arroios da Areia e Passo das Pedras.*

Na sua elaboração foram utilizados softwares de Sistemas de Informações Geográficas como SGI/INPE para digitalização dos diferentes planos de informação, IDRISI 3.2 e 2.0 e SURFER 6.4 para montagem dos mapas, inserção de grid e determinação de escala e projeção e ainda COREL DRAW 8 para edição final. Foi utilizada ainda uma imagem LANDSAT TM5 de março de 1999, nas bandas 3, 4 e 5.

Já para a etapa de estudo da fisiologia da paisagem passou-se a considerar a escala local. Assim, foi possível fazer a investigação da gênese, constituição e elementos da dinâmica interna que envolvem o Aterro. Para isto foi feita uma ampla revisão bibliográfica, assim como a realização de procedimentos de campo. A revisão bibliográfica forneceu informações sobre o processo de formação do Aterro, as técnicas empregadas na sua construção e o material constituinte.

Os procedimentos de campo forneceram elementos sobre a sua constituição física e estrutura que contribuiram para o conhecimento da dinâmica ambiental a que o Aterro está sujeito. Foram executadas técnicas de análise de perfil estratigráfico através de documentação fotográfica para determinar a estrutura interna do Aterro; técnica de análise sedimentológica de laboratório para determinar a sua composição em termos de matéria orgânica, inorgânica e teor de umidade e técnica de medição de taxa de infiltração para conhecer o comportamento da infiltração das águas de precipitação. A escolha da célula C9 para ser o local dos experimentos de campo relacionou-se ao fato de ser ela uma das mais antigas do aterro e, por isso mesmo, oferecer condições para o reconhecimento geral do comportamento da dinâmica interna do aterro já influenciada pela degradação dos materiais constituintes ao longo do tempo.

Para complementar o estudo, foi elaborado, por meio de Sistema de Informações Geográficas, um *Modelo Numérico do Terreno* pelo método de interpolação TIN ou Triangulação de Delaunay, utilizando os softwares SGI e IDRISI, o qual permite a visualização das feições do Aterro e da área do entorno em três dimensões com o objetivo de auxiliar a análise da dinâmica ambiental própria do Aterro.

Com base nos resultados obtidos, passou-se a análise das propostas de uso e ocupação para a área do Aterro utilizando os instrumentos mais genéricos de planejamento urbano representados pelo *Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Porto Alegre* – 1º PDDU, *2º Plano diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Porto Alegre* – 2º PDDUA e o próprio Projeto de Recuperação do Aterro Sanitário da Zona Norte e elaboração de sugestões para aperfeiçoamento dos instrumentos de gestão e planejamento urbano para o município de Porto Alegre.

1. PORTO ALEGRE E OS DEPÓSITOS TECNOGÊNICOS CONSTRUÍDOS

A ocupação urbana do município se deu a partir da margem esquerda do Lago Guaíba, constituindo o chamado centro histórico, posteriormente estendendo-se para leste em todas as direções, com uma tendência preferencial de ocupação para norte. No decorrer de seus dois séculos de existência, espalhou-se pelas terras baixas formadas pelas planícies do Guaíba e Gravataí e pelas colinas e morros dos relevos residuais cristalinos. E ainda, invadindo o Lago Guaíba a partir da criação de extensas áreas de aterros junto a orla. O crescimento e concentração da população, levou a criação e incorporação de novas áreas por aterramento para ocupação e de destinação de novos locais para depósitos de resíduos sólidos.

Os primeiros aterros urbanos de grande expressão de Porto Alegre datam de meados da década de 50. As duas maiores áreas de aterro urbano encontram-se às margens do Lago Guaíba, partindo da área central da cidade, estendendo-se tanto para sul até a chamada Ponta do Dionísio, quanto para norte, ocupando toda a área destinada ao Porto de Porto Alegre. Estas áreas abrigam hoje funções que podem ser consideradas nobres, destinadas tanto a atividades portuárias quanto a atividades de lazer como o Complexo Cultural da Usina do Gasômetro e o Parque Marinha do Brasil, o Hipódromo do Cristal e o Estádio Gigante da Beira Rio. E ainda áreas destinadas a atividades administrativas do Estado e da União, constituindo-se assim em *territórios vendável e desejável* de acordo com as idéias de RODRIGUES (In: BPG,1994).

Embora não tenham sido encontrados trabalhos que descrevessem o tipo de material empregado na sua construção e a sua procedência, a bibliografia indicou que as duas grandes áreas de aterro foram constituídas basicamente com detritos urbanos como artefatos manufaturados: fragmentos de tijolos, vidro, concreto, pedra britada e materiais terrosos ou solos provenientes de áreas próximas como as ilhas do Delta do Jacuí. Esta descrição permite identificar estes aterros como *depósitos tecnogênicos construídos*, segundo a classificação de OLIVEIRA que se baseia na gênese, e úrbicos segundo a classificação de FLANNING & FLANNING (In: PELOGGIA, 1998) que se baseia no tipo de material constituinte.

Quanto aos lixões e os aterros sanitários, segundo o *Atlas Ambiental de Porto Alegre* (1998*)*, o município apresenta 19 áreas, incluindo lixões desativados, aterros controlados, aterros sanitários e aterros de inertes. Destas 19 áreas, 8 são de períodos anteriores a 1970. Em 1985 teve início a atividade no Lixão/Aterro Sanitário da Zona Norte - ASZN. (HOFFMANN, 2000). Em quase todos os locais de destinação final até meados dos anos 80, resíduos sólidos urbanos de qualquer natureza eram utilizados para aterrar áreas baixas e alagadiças para posterior ocupação. Não havia critérios de localização ou controle para disposição desses resíduos e nem preocupação com o uso de técnicas adequadas e com as consequências para o ambiente e para a saúde pública deste tipo de atividade. Assim, as áreas de disposição de resíduos sólidos encontram-se espalhadas por todo o município, sendo que 16 das 19 áreas de depósitos de resíduos sólidos encontram-se hoje incorporadas à malha urbana da cidade, permanecendo adjascentes somente as áreas do Lixão da Ilha do Pavão, do Aterro Sanitário da Zona Norte e do Aterro Sanitário da Extrema (Fig.3).

As áreas que se encontram hoje incorporadas à malha urbana da cidade apresentam, na sua grande maioria, pequenas dimensões e volume reduzido de resíduos depositados e, por isso, puderam se tornar, ao longo do tempo, territórios vendáveis e desejáveis segundo o ponto de vista de RODRIGUES (In: BPG,1994). Porém, as grandes áreas de disposição de resíduos como o ASZN e o Aterro da Extrema, por exemplo, dificilmente terão a mesma facilidade de conversão em vista da suas dimensões e características. No entanto, é previsível que estes sejam também incorporados à malha urbana da cidade com uma função diferenciada, tal como é apontado pelos seus próprios projetos.

Os lixões e aterros sanitários da cidade de Porto Alegre são depósitos tecnogênicos constituídos basicamente de material detrítico de procedência doméstica, industrial, comercial e hospitalar de origem orgânica e inorgânica. Por apresentarem uma ampla gama de artefatos, tais como papel, vidro, metal, plástico, borracha, tecidos e outras fibras e material orgânico de origem vegetal e animal cuja presença possibilita a geração de gás metano em condições anaeróbicas, são chamados de *depósitos tecnogênicos construídos urbanos do tipo gárbico*, segundo as classificações de OLIVEIRA e de FLANNING & FLANING (In: PELOGGIA, 1998). Embora os lixões e aterros sanitários sejam constituídos de tipos de material semelhantes, apresentam características diferenciadas resultantes do emprego de diferentes técnicas.

2. O ASZN: GÊNESE, CONSTITUIÇÃO E ELEMENTOS DA DINÂMICA AMBIENTAL

Para conhecer a gênese e constituição do depósito tecnogênico construído – ASZN foi necessário fazer uma investigação bibliográfica retrospectiva que partiu do início da sua operação, em 1985, quando se constituiu no lixão da Zona Norte, passando pela fase de recuperação e transformação em aterro sanitário iniciada em 1990, chegando até os dias atuais, quando do seu fechamento iminente. As informações obtidas através deste levantamento permitiram caracterizar tanto a origem dos seus elementos constituintes quanto a sua estrutura interna, fornecendo subsídios para a interpretação dos dados resultantes dos procedimentos de campo e de laboratório realizados por este trabalho.

As formas resultantes do processo de instalação do lixão e as técnicas empregadas para a execução da recuperação posterior da área com a sua transformação em Aterro Sanitário culminaram na estruturação de duas pequenas, porém extensas *elevações tabulares* e um *morrote artificial*. A primeira elevação, à esquerda da via principal do Aterro, formada pelas células C1 e C2, que são as células mais antigas, apresentam medidas aproximadas de 300m de comprimento, 155m de largura de base, 125m de largura de topo e 4,5m de altura. A segunda elevação, à direita da via principal, formada pelas células C4, C5, C8 e C9 tem aproximadamente 1000m de comprimento, 115m de largura de base, 85m de largura de topo e 5m de altura. E ainda, o *morrote artificial* formado pelas células C6 e C7, que são as mais recentes com medidas aproximadas de cerca de 750m de comprimento, 155m de largura de base, 30m de largura de topo e 20m de altura. A sua forma final pode ser observada através do *Modelo Numérico do Terreno* da área do ASZN.

2.1 EXPERIMENTOS

Para aprofundar a investigação sobre a constituição do depósito tecnogênico formado pelo ASZN, foram executados procedimentos de campo na porção norte da antiga célula C9 e análises de laboratório.

2.1.1 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

A técnica de análise de perfil estratigráfico consistiu na abertura de uma trincheira de 4mX4m por retroescavadeira até uma profundidade aproximada de 6m na extremidade norte da antiga célula C9 do ASZN que tem atualmente 5m de altura. Depois da trincheira aberta, passou-se a tomada de medidas da camada de cobertura que apresentou cerca de 40cm e das camadas de disposição do lixo que se estenderam dos 40cm até o fundo, resultando na divisão do perfil em setores, o que permitiu a melhor observação das suas características e a anotação dos aspectos relevantes, bem como a documentação através de fotografias. O perfil foi definido da seguinte forma: Camada 0 (cobertura): 0cm-40cm; Camada 1(superficial): 40cm-1,5m; Camada 2 (meio): 1,5m-3m; Camada 3 (fundo): 3m-6m.

Os procedimentos utilizados permitiram constatar que o Aterro apresenta, para as elevações tabulares, estrutura interna geral formada por camada de cerca de 3m de resíduos antigos depositados de 1985 a 1990 por espalhamento e sem técnica de compactação, recobertos por uma camada de solo argiloso. Sobre este pacote há uma camada de aproximadamente 4m de resíduos mais novos depositados após 1990, utilizando técnicas de drenagem de líquidos e gases e método de compactação e disposição dos resíduos em camadas sucessivas intercaladas com material terroso e na forma de células recobertas, por fim, por uma camada de solo argiloso, altamente compactado. Para o *morrote artificial* a estrutura é análoga a das elevações tabulares, porém com uma camada de resíduos mais novos depositados após 1990 da ordem de aproximadamente 17m, formando 4 patamares com taludes amplos.

2.1.2 ANÁLISE SEDIMENTOLÓGICA

De acordo com os objetivos do trabalho, a realização da análise sedimentológica consistiu na retirada de amostras de material da cobertura do aterro (Amostra 0), da camada superficial (Amostra 1), da camada do meio (Amostra 2) e do fundo do mesmo (Amostra 3), conforme o perfil definido anteriormente.

O material transportado para o *Laboratório de Sedimentologia do Centro de Estudos Costeiros da UFRGS*, foi submetido a procedimentos metodológicos para determinação de teores de umidade, matéria orgânica e matéria inorgânica, e a análise das amostras obedeceu a três fases: secagem para determinação do teor de umidade; observação para identificação e caracterização do conteúdo das amostras através de microscópio; queima para determinação das frações orgânicas e inorgânicas.

De acordo com KUAJARA e outros (1997) e COTRIM (1997), os resíduos sólidos brasileiros *in natura* são constituídos por cerca de 60% de matéria orgânica e apresentam um conteúdo de água de cerca de 50% em média. E os principais materiais que compõe o lixo urbano de Porto Alegre, segundo dados do DMLU para 1994, são: plásticos (8,4%), papéis (21,3%), metais (4,4%), vidros (1,3%), matéria orgânica putrescível (58,6%) e outros (6,0%).

Os dados obtidos por esta etapa da pesquisa permitiram observar que o teor de umidade nas amostras variou entre 9,04 e 46,9%. Também foi possível verificar que a presença de umidade é crescente da camada de cobertura (0-40 cm) em direção ao fundo (3-6m), porém, o percentual de umidade menor da amostra 3 (fundo) em relação ao da amostra 2 (meio) está provavelmente relacionada com a existência de uma camada isolante abaixo desta, constituída de material argiloso que, de acordo com a bibliografia consultada, corresponderia ao topo do antigo lixão.

Este material, por sua vez, estaria barrando a livre circulação dos líquidos percolados das camadas superiores para a camada inferior. Esta camada inferior, mais antiga, exposta a pressões maiores por suportar uma coluna de sedimentos também maior, estaria, portanto, mais compactada. Reforçando esta hipótese, pode-se notar em campo que, após cerca de 15 minutos da trincheira aberta, com a diminuição da pressão interna, começou a verter com mais intensidade através da camada do meio, o líquido percolado retido no pacote.

Quanto ao teor de matéria orgânica, os valores para as 4 amostras variaram de 4,61 até 48,96%, apresentando comportamento análogo ao do teor de umidade, isto é: presença crescente de matéria orgânica da camada de cobertura (0-40cm) em direção ao fundo (3-6m), porém, o percentual maior da amostra 2 (meio) em relação ao da amostra 3 (fundo) corrobora a hipótese de existência de uma camada isolante correspondente ao topo do antigo lixão que promove o acúmulo do material neste nível. O fato do material aterrado das camadas superiores ser mais recente também explica a presença de um percentual maior de matéria orgânica ainda em decomposição nesta área do perfil. Da mesma forma, o conteúdo de matéria inorgânica na amostra 3 (fundo) maior do que a da amostra 2 (meio) está provavelmente ligado ao estágio mais avançado de mineralização do material do fundo

por ser mais antigo e por apresentar uma cobertura de material argiloso correspondente ao recobrimento do antigo lixão, segundo bibliografia. Pode-se notar ainda que o comportamento do teor de matéria orgânica e inorgânica é inversamente proporcional, sendo que a amostra 2 (meio) é composta de partes praticamente iguais de cada uma.

Estes procedimentos foram executados em 3 pontos da antiga célula C9: o primeiro com cobertura espessa de gramíneas; o segundo com cobertura esparsa de gramíneas (quase solo exposto) e o terceiro sem cobertura vegetal (solo exposto). Com base nos dados obtidos foi possível, então, construir tabelas e gráficos demonstrando o total infiltrado e o comportamento das taxas de infiltração[3] para cada ponto, segundo o tipo de cobertura do solo.

Foi possível observar pelos dados obtidos, que o volume total de água infiltrada nos três pontos da antiga célula C9 do ASZN apresentou relação direta com o tipo de cobertura do solo. No Ponto 1, com cobertura espessa de gramíneas, o total infiltrado no período de 30min foi de 2081,31ml; no Ponto 2, com cobertura esparsa de gramíneas (quase solo exposto), este total caiu para 589,05ml e no Ponto 3, sem cobertura vegetal (solos exposto), o total foi de 596,90ml. Assim, pode-se constatar entre os Pontos 2 e 3 uma semelhança, tanto em relação ao total infiltrado quanto em relação a taxa de infiltração, que se manteve praticamente constante ao longo do tempo do experimento.

Além disso, pode-se verificar em campo, por ocasião da execução do experimento no Ponto 3 que, entre os 27 e 28min houve a saturação do solo, pois o entorno do infiltrômetro encontrava-se umedecido. Até aquele momento o total infiltrado era de 581,20ml de água, quantidade quase igual ao total infiltrado no Ponto 2 ao término dos 30min do experimento. Por outro lado, o Ponto 1 apresentou quase 3x mais água infiltrada no mesmo período e um comportamento de taxa de infiltração diferenciada, apresentando uma curva descendente que demonstra que ao logo do tempo do experimento houve uma diminuição acentuada da capacidade de infiltração. Esta diferença de comportamento tanto pode estar relacionada com o tipo de cobertura vegetal mais densa neste ponto, quanto com o fato de haver vazios na coluna de sedimentos abaixo deste, formados por resíduos de dimensões e materiais diferentes, como é característico destes de depósitos.

No sentido de enriquecer a análise, os dados resultantes da realização do experimento de campo foram ainda confrontados com os dados de LINDAU (2000) [4], que utilizou em sua pesquisa o mesmo equipamento e os mesmos procedimentos em área de mato, campo e sobre aterro urbano com cobertura de gramíneas no Morro da Polícia, em Porto Alegre.

Pode-se dizer, com base nos resultados obtidos, que a capacidade de infiltração em áreas de mata e de campo é muito mais elevada do que nas áreas de aterro urbano e no ASZN. Isto permite, portanto, reforçar a hipótese de vinculação entre o comportamento da infiltração e o tipo de cobertura vegetal das diferentes superfícies, além do tipo de solo e estrutura. Pode-se confirmar ainda, pelo comportamento dos dados, que o ASZN apresenta uma camada de cobertura de solo argiloso com elevado índice de impermeabilização resultante de processo de compactação, conforme bibliografia. Consequentemente, o mesmo está mais exposto aos efeitos do escoamento superficial do que as áreas de mata e campo.

2.2 ELEMENTOS DA DINÂMICA AMBIENTAL DO ENTORNO DO ASZN

[3] Taxa de infiltração: é a expressão do índice que mede a velocidade com que a água da chuva se infiltra no solo, auxiliando na determinação das condições de permeabilidade do mesmo e de escoamento superficial.

[4] LINDAU (2000) utilizou o termo *Morrete* para designar o depósito de materiais removidos da própria área do topo do Morro da Polícia para nivelamento do terreno e construção das instalações da Empresa RBS sobre o qual foi executado o experimento de taxa de infiltração. Este tipo de depósito na linguagem geotécnica é geralmente chamada de *depósito de bota-fora* e pode assumir características de *aterro urbano* após compactação. Por este motivo adotamos neste trabalho, este último designativo com o objetivo de evitar confusão com o termo *Morrote*.

No sentido de complementar a caracterização do depósito tecnogênico construído em estudo, procurou-se identificar alguns dos elementos próprios da sua dinâmica ambiental a partir das informações obtidas pelo levantamento bibliográfico e dos dados gerados pela pesquisa. O objetivo foi identificar as condições ambientais anteriores a introdução do ASZN e demonstrar a necessidade de consideração das características particulares introduzidas na área pela inserção do mesmo.

De acordo com COSTA e outros (1994), o ASZN está localizado sobre a várzea ou planície de inundação do Rio Gravataí, distando aproximadamente 2 km do mesmo.

A topografia local anterior a introdução do ASZN se caracterizava por extensas áreas planas e baixas, sujeitas a inundações periódicas, com cotas variando entre 1,1 e 2,5m conforme o *Mapa Cadastral do Município de Porto Alegre (1982)*, incluindo ainda, a ocorrência frequente de banhados e pequenas lagoas em condições de confinamento devido ao baixo gradiente hidráulico (declividades menores que 10%, de acordo com o Atlas Ambiental de Porto Alegre, 1998), segundo ESCOSTEGUY e outros (1991). O terreno está exposto também a processos de sedimentação natural de materiais arenosos e argilosos, apresentando, portanto, solo de natureza sedimentar, constituído de camadas de argila e areia de espessuras variáveis.

Segundo COSTA e outros (1994), a geologia local é formada por um pacote espesso e aleatório de 20m de lentes de argilas expansivas, silte e areia de origem aluvionar. Abaixo deste pacote verifica-se a ocorrência de rochas de embasamento cristalino em que a camada do topo, com espessura de 6 a 10m encontra-se alterada. Segundo o mesmo autor, a camada de solo superficial sobre a qual foram lançados os resíduos sólido urbanos é constituída por uma lâmina de argila silto-arenosa, orgânica, de consistência mole a muito mole, em cores que variam do cinza ao preto, com espessura variando entre 5 e 10m.

Embora o nível do lençol freático esteja muito próximo à superfície, a 1,5m da superfície de acordo com TECNOSOLOS (In: KUAJARA e outros, 1997) ou entre 0,10 e 0,30m da superfície, segundo ESCOSTEGUY e outros (1991), o solo é considerado relativamente impermeável, pois apresentou em um ensaio de adensamento, um coeficiente de permeabilidade de 10-6 cm/s, o que, segundo TECNOSOLOS, favorece o confinamento do lixiviado.

Ao longo do tempo de ocupação da área, a mesma foi recebendo uma série de canais artificiais relacionados ao cultivo do arroz irrigado e a obras de engenharia ligadas ao *Sistema de Proteção contra Cheias de Porto Alegre*. Assim, pode-se dizer que a área do entorno do ASZN encontra-se hoje circundada pelos diques internos dos Pôlders Sarandí e Aeroporto com cotas em torno de 5m a leste e a oeste, respectivamente. E, ao longo destas elevações, encontram-se os canais artificiais de drenagem dos arroios Passo das Pedras e da Areia, que permitem o escoamento de suas águas em direção ao Rio Gravataí. Sobre estas elevações situam-se hoje vilas populares de baixa renda que não contam com equipamentos de saneamento básico, pavimentação, etc. Ao norte encontra-se o dique externo formado pelo leito da BR290, também em cotas aproximadas de 5m. Conforme o *Mapa dos Sistemas de Proteção contra Inundações e de Drenagem Pluvial* do *Atlas Ambiental de Porto Alegre* (1998), a área onde hoje se localiza o ASZN é identificada como inundável, não protegida até a cota aproximada de 5m e não urbanizada.

2.3 ELEMENTOS DA DINÂMICA AMBIENTAL INTERNA DO ASZN

Os aterros sanitários possuem uma dinâmica ambiental própria que pode ser identificada principalmente pela produção de lixívias ou líquidos percolados, pela produção de gás

metano e pelo recalque[5] do material aterrado devido a evolução da degradação anaeróbia e o aumento da compactação.

De acordo com COTRIM (1997), de modo geral o lixo é classificado pela NBR 10004 como resíduo não inerte classe II e apresenta características de combustibilidade, biodegradabilidade e solubilidade em água. Ainda segundo COTRIM (1997), o lixo, por conter substâncias de alto teor energético e oferecer disponibilidade simultânea de água, alimento, e abrigo, constitui-se num excelente nicho para muitas espécies de macro e microvetores. A parte orgânica do lixo, ao se degradar, produz o chorume, que, diluído e arrastado pelas águas das chuvas que se infiltram na massa de resíduos, formam o lixiviado ou líquido percolado. Este lixiviado, quando chega aos mananciais hídricos promove a redução do oxigênio dissolvido, o aumento na concentração de metais pesados, gosto, cor e odor indesejáveis, além de condições favoráveis para o desenvolvimento de microorganismos patogênicos.

Por isso a presença de lixões e aterros sanitários pode gerar inúmeros problemas ambientais e profundas modificações no ambiente do entorno. E, particularmente a água se constitui em um dos elementos principais da sua dinâmica ambiental, especialmente se o depósito não contar com condições ideais de compactação, cobertura, drenagem e impermeabilização do fundo que fazem o adequado confinamento dos resíduos e isolamento para tratamento dos líquidos percolados. A água é por excelência, o veículo de transporte do lixiviado, que migra para fora do aterro levando consigo altas concentrações de matéria orgânica além de outras substâncias de elevada toxidade dissolvidas ou em suspensão. Considerando a área do entorno do ASZN, um ambiente de várzea, é principalmente ela que faz o transporte e deposição de sedimentos, influindo na formação dos solos e formas de relevo características, além de possibilitar o estabelecimento de comunidades vegetais e animais.

O programa de monitoramento de água superficial, água subterrânea, biogás e lixiviado do Aterro, executado pelo DMLU entre os anos de 1990 e 1993, constatou que as águas superficiais dos canais no entorno das células do ASZN foram contaminadas pelo lixiviado no momento em que os drenos internos foram abertos (KUAJARA e outros, 1997) e que já havia grande comprometimento das águas subterrâneas, sugerindo, pela composição das amostras do lençol freático coletadas na parte mais antiga do Aterro, não só influência do mesmo, mas também dos esgotos drenados pelos arroios que desembocam naquela região. (FARIA e outros, 1990). Esta contaminação, porém, foi minimizada pela execução da bioremediação do Aterro e pela própria evolução do processo de digestão anaeróbia que tornou a lixívia menos impactante. Segundo DANTAS (1982), os tratamentos biológicos são geralmente muito eficientes, removendo cerca de 90% da matéria orgânica de lixívias de aterros sanitários. Também o seu volume tende a diminuir com a execução da cobertura das células sob alta compactação, o que diminui sensivelmente a infiltração da água de precipitação, pois a lixívia produzida por aterros sanitários depende basicamente da parcela da precipitação que se infiltra no terreno. Por outro lado, elevados graus de compactação do aterro diminuem a produção de lixívias, porém as tornam mais concentradas. Também a idade do aterro tem grande importância na composição da lixívia, pois mostra o grau de estabilização de seus componentes. DANTAS (1982) observa que aterros antigos (com mais de 10 anos) apresentam baixos índices de matéria orgânica, o que comprova que a parcela orgânica da lixívia tende a se estabilizar com o tempo e a parcela inorgânica pode ser considerada permanente.

Tal é o que se verifica no ASZN a partir dos dados apresentados por COTRIM (1997) para os anos de 1994 e 1995. O autor conclui, pela análise do lixiviado do Aterro, que o mesmo pode ser considerado um aterro velho por já ter superado a fase ácida característica dos aterros jovens, apresentando pH levemente alcalino e geração de gás metano.

[5] Recalque: fenômeno que corresponde ao rebaixamento geral das cotas de um aterro e ocorre na medida em que os vazios da massa aterrada vão sendo diminuídos pela compactação e pela degradação da matéria orgânica ao longo do tempo, além de outros fatores como o tipo de solo que constitui a base do mesmo.

Sobre a produção de gás metano em aterros sanitários, DANTAS (1982) afirma que geralmente se considera o período de 10 anos porque neste tempo a produção é relativamente estável. Mas a sua formação pode se estender por até 75 anos. E, de acordo com REICHERT (1999), estima-se que a capacidade de produção de gás metano no ASZN seja da ordem de 36 milhões de metros cúbicos nos próximos 10 anos e que, atualmente, esta produção fica em torno de 26.736Nm³/dia (o suficiente para o abastecimento de 100 caminhões coletores ou o mesmo número de ônibus urbanos). Há ainda a considerar a elevada toxidade deste gás que, quando inalado por algum tempo pode levar a morte ou provocar danos irreversíveis ao cérebro, segundo informações dos técnicos do DMLU. Com base nestes dados, então, é possível avaliar o risco potencial de combustão e de toxidade que está presente na massa do Aterro e que torna o planejamento sobre o seus usos futuros extremamente delicado.

Também deve ser considerada importante a característica peculiar deste tipo de depósito no que se refere ao recalque do material aterrado. Este fenômeno corresponde ao rebaixamento geral das cotas do Aterro e ocorre na medida em que os vazios da massa aterrada vão sendo eliminados pela compactação e pela degradação da matéria orgânica ao longo do tempo, além de outros fatores como o tipo de solo que constitui a base do aterro.

DANTAS (1982) observa que aterros com densidade de 710 Kg/m³ ou mais tem bom grau de compactação. REICHERT (1999), ao descrever o processo de disposição do lixo novo sobre o lixo velho no ASZN afirma ter sido atingido um grau de compactação de 650 Kg/m³. Mas, de acordo com HOFFMANN (2000), algumas medidas mais recentes no ASZN demonstraram um grau de compactação de 700 a 750 Kg/m³. Porém o rebaixamento geral das cotas do Aterro não se deu somente pela compactação, mas também pelo adensamento das camadas de argila da várzea sobre a qual o Aterro foi assentado.

De acordo com HOFFMANN (2000), em áreas de várzea, é comum ocorrer elevados recalques pelo adensamento da camada de argila por expulsão da água e preenchimento dos vazios com a execução de aterros de qualquer natureza. No entanto, sabe-se que o recalque médio em aterros sanitário é da ordem de 30 %, segundo HOFFMANN (2000). Como já descrito anteriormente, o antigo lixão, que mais tarde se constituiu no ASZN, apresentava uma altura média de resíduos da ordem de 3m por ocasião do início do Projeto de Recuperação. Sobre esta camada de resíduos foi então depositada nova camada de resíduos com altura média de 4m, segundo COTRIM (1994), resultando numa altura média final de aproximadamente 7m. Como a altura média das elevações tabulares hoje é da ordem de 5m, pode-se constatar o rebaixamento geral das cotas do Aterro em torno de 30%, mas o experimento do perfil estratigráfico comprovou a existência de uma camada de resíduos superior a 5m, demonstrando que o pacote de resíduos foi sendo introduzido nas camadas de base do terreno ao longo do tempo.

Assim, através deste estudo pode-se constatar que, com a introdução do ASZN, vários aspectos da dinâmica deste ambiente de várzea foram modificados.

Dentro de um período de apenas 15 anos (1985 a 2000) a topografia passou a variar de aproximadamente 1,1m a 20m e as formas de relevo foram alteradas, passando a apresentar além das extensas áreas planas e baixas, estruturas extremamente compactadas em forma *de elevações tabulares* e de *morrote artificial*. O solo, de natureza sedimentar, passou a receber resíduos que formaram um depósito superficial constituído de elementos cuja origem é externa aquela área, não guardando, portanto, nenhuma relação com o tipo de solo pré-existente ou com a rocha de substrato ou ainda com a posição hipsométrica, clima ou tectônica que caracterizam geralmente os depósitos naturais. E, por fim, este depósito superficial constituído dos mais diversos artefatos humanos deu origem a uma feição geomorfológica geneticamente independente, o que é uma das características básicas dos depósitos tecnogênicos.

Além disso, a sua introdução na área causou modificações também em relação a dinâmica de circulação e composição das águas das bacias dos Arroios da Areia e Passo das Pedras.

Outras modificações não menos importantes, características deste tipo de depósito dizem respeito a produção de grandes quantidades de gás metano por um período superior a dez anos após o fechamento do mesmo e ao caráter de instabilidade do nível do terreno pelo fenômeno de recalque acentuado em área de várzea.

Estes fatores, entre outros, devem ser levados em consideração quando do planejamento para uso e ocupação posterior destas áreas, contribuindo para um adequado aproveitamento sem colocar em risco a saúde e o bem estar das comunidades que dela vierem se beneficiar no futuro.

3. PROPOSTAS DE USO E OCUPAÇÃO

De acordo com os instrumentos mais genéricos de planejamento urbano que definem os usos e tipo de ocupação do solo urbano representados pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Porto Alegre – 1º PDDU de 1979 e 2º Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Porto Alegre – 2º PDDUA de 1999, a área onde o ASZN está hoje inserido foi classificada como:

1º PDDU: área de UTS - Unidade Territorial Seccional Intensiva e UTI - Unidade Territorial Industrial, admitindo os usos para ocupação urbana intensiva e ocupação industrial.

2ª PDDUA: considera a área onde está inserido o ASZN, própria para ocupação intensiva por atividades mistas de comércio, indústria, serviços e habitação, definindo-a como "*Corredor de Desenvolvimento",* com excepcional potencialidade para se tornar um pólo de importância regional por sua localização estratégica e disponibilidade de grandes vazios urbanos para empreendimentos econômicos sustentáveis.

Portanto, pode-se observar que já havia uma predisposição do 1º PDDU, desde 1979, no sentido de destinação da área onde está localizado o ASZN para a ocupação urbana intensiva de funções mistas as quais se confirmaram no 2º PDDUA de 1999. Este último considera a grande disponibilidade de terrenos vazios e ótimos declives para edificações convencionais naquela área, embora sujeita a inundações periódicas. Não há qualquer menção neste último quanto a existência de área de risco potencial representada pelo ASZN ou quanto ao uso da área para o desenvolvimento de atividades agrícolas, tal como foi constatado em campo.

Por outro lado, é sabido que estes dispositivos de regulação do uso e ocupação do solo urbano deixam em aberto para as legislações ordinárias a tarefa de definição de instrumentos de gestão para resíduos sólidos. O 2ª PDDUA em particular propõe a elaboração do *Plano de Gestão Ambiental de Porto Alegre* que deve conter diretrizes gerais de atuação a partir de planos setoriais como por exemplo *o Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos do Município de Porto Alegre,* que encontra-se em fase de elaboração.

Por fim, o último instrumento que define uma destinação de uso para a área do ASZN refere-se ao próprio Projeto de Recuperação intitulado *Projeto Técnico - Sistema Integrado de Recomposição Ambiental e Tratamento do Lixo de Porto Alegre: Aterro Sanitário, Zona Norte de Porto Alegre* (1990). Este previu o uso futuro do ASZN como parque de recreação, acompanhado por um sistema de monitoramento sistemático dos líquidos percolados, gases, águas superficiais e subterrâneas juntamente com o aproveitamento energético do gás metano. Sobre o parque de recreação proposto há vagas especificações sobre a finalidade e para que público este se dirijiria. É de se supor que, num primeiro momento, este se destinaria ao uso das comunidades mais próximas, isto é, às vilas populares que circundam o local. Estas comunidades, por sua vez, carecem de todo tipo de equipamento urbano, pois vivem em condições de subhabitação, sendo provável a boa aceitação de um parque de recreação nesta área. Porém, há que se considerar a especificidade da área do Aterro quanto a sua dinâmica ambiental em relação aos riscos permanentes de contaminação da água, solo e ar existentes por um longo período de tempo, pelo perigo de

rompimento de sua estrutura por qualquer uso ou instalação de equipamento inadequado e os riscos que o contato direto desta população com o local pode trazer.

Por isso faz-se importante desde já tentar avaliar de que forma este local poderia ser melhor utilizado sem oferecer perigo para a população em geral e para o ambiente circundante, já que o Aterro encontra-se em fase final de operação e se constituirá, nos próximos anos, em um amplo *espaço livre*, a salvo das inundações periódicas características do entorno, circundado por áreas de grande densidade de ocupação.

CONCLUSÕES

Os resultados desta pesquisa permitem afirmar que os depósitos tecnogênicos construídos na forma de aterros urbanos, lixões e aterros sanitários constituem efetivamente em uma classe genética independente de formações superficiais.

Pelo estudo da gênese, constituição e elementos da dinâmica ambiental próprias do Aterro Sanitário da Zona Norte, foi possível comprovar que estes depósitos refletem o emprego de uma técnica ou mais técnicas que, por sua vez, retratam um momento histórico específico da evolução das relações entre sociedade e natureza e ficam materializados na forma de depósitos superficiais correlativos comparáveis aos quaternários, constituindo-se em marcos estratigráficos. E, ainda, podem dar origem, dentro de um tempo geológico-geomorfológico, a tipos diferenciados de solo e até mesmo influir nas formações geológicas futuras na medida em que são constituídos de uma infinidade de materiais e artefatos que não guardam vinculação com o local do depósito e possuem características peculiares de composição física e química. A presença destes novos elementos da paisagem urbana, representados pelos aterros urbanos, lixões e aterros sanitários, tendem a ser cada vez mais numerosos, embora as políticas municipais atuais apontem para o aumento da reciclagem da maior parte dos materiais e a consorciação entre municípios como solução para o problema do destino final dos resíduos sólidos.

No entanto, sua existência ainda não é considerada pelos instrumentos mais genéricos de planejamento urbano representados pelos 1º e 2º Planos Diretores de Desenvolvimento Urbano de Porto Alegre, embora já estejam presentes em grande número ou ocupando áreas relativamente extensas em locais onde a pressão para ocupação urbana é elevada. Os citados planos fazem um zoneamento para a área onde hoje está localizado o ASZN, como própria para ocupação urbana intensiva por atividades mistas, ressaltando a grande disponibilidade de terrenos vazios e ótimos declives para edificações convencionais (...), ignorando a presença desta formação cujas características, no mínimo, a torna área problemática do ponto de vista de uso e ocupação posteriores. Somente o Projeto de Recuperação do ASZN prevê um uso futuro específico para a área como parque de recreação, porém sem indicar que tipo de equipamentos ou procedimentos de segurança seriam disponibilizados à comunidade usuária.

Assim, torna-se evidente a necessidade de aprimorar tanto as formas de gestão urbana e ambiental do município de Porto Alegre, quanto possibilitar a elaboração de instrumentos mais adequados como mapeamentos e estudos de formações superficiais que auxiliem melhor ao planejamento urbano.

BIBLIOGRAFIA

AB'SABER, A. N. *Um conceito de geomorfologia a serviço das pesquisas sobre o Quaternário.* In: CADERNOS DE GEOMORFOLOGIA, nº 18. Instituto de Geografia da Universidade de São Paulo, 1969. 23p.

AB'SABER, A. N. *Uma revisão do Quaternário paulista: do presente para o passado.* **Revista Brasileira de Geografia**, 1969, 31 (4): 1-51.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT - NBR 10004 - *Resíduos Sólidos*

CHEMEKOV, Y.F. *Technogenic deposits*. In: INQUA CONGRESS, 11, Moscow, 1983, Abstracts, v.3, p.62.

COSTA, A. F. U. & FERLINI, C. A. *Caracterização da pluma poluidora gerada pelo depósito municipal de lixo da Zona Norte de POA-RS*. Porto Alegre, CPRM/METROPLAN, 1994, v.2 50p.

COTRIM, S. L. S. *Filtros aeróbicos percoladores aplicados ao tratamento de lixiviados de aterros sanitários antigos*. Dissertação de mestrado IPH/UFRGS. Porto Alegre, 1997. 120p.

DANTAS, D. C. *A problemática do tratamento de lixívias de aterros sanitários*. Dissertação de Mestrado UFRGS/IPH. 1982. 149p.

ESCOSTEGUY, P. A. V. e outros. 1991. *Projeto de recuperação ambiental do "lixão" da Zona Norte de Porto Alegre*. In: ANAIS DO 16º CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E ANBIENTAL, Goiânia, ABES, 1991. V.2 – Trabalhos livres – Tomo III. p.3-20.

FARIA, C. M. e outros. *Avaliação ambiental e proposta de monitoramento de áreas de disposição de resíduos sólidos urbanos de Porto Alegre*. Porto Alegre, 1990, DMAE (doc.circ. int.). 23p.

GERASIMOV, I.P. *Anthropogene and its major problem.* Boreas, 1979, 9:23-30.

GUERRA, A. T. *Processos erosivos nas encostas* (ítem 2.1 taxa de infiltração. In CUNHA, S. B. & GUERRA, A. (org.*)* **Geomorfologia: Exercícios, Técnicas e Aplicações**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 1996. p.140-143.

LINDAU, H. *Morfodinâmica do Morro da Polícia em face da apropriação das encostas – Porto Alegre/RS.* Dissertação de Mestrado IGEO-UFRGS. Porto Alegre, agosto 2000, 126p.

KUAJARA, O. e outros. *Environmental monitoring of the North Porto Alegre landfild*, Brazil. In: WATER ENVIRONMENT RESEACH, set/out 1997, v.69, nº6. p1170-1177.

MENEGAT, R. e outros. (coord.) **Atlas Ambiental de Porto Alegre**. Porto Alegre, Ed. Universidade UFRGS, 1998. 228p.

OLIVEIRA, A. M. S. *A metrópole e a geologia: exemplos do município de São Paulo.* In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, Boletim de Resumos Expandidos 38, Camboriú, SBG, 1994, v.I, p.531-532.

OLIVEIRA, A. M. S. *A abordagem geotecnogênica: a geologia de engenharia no Quinário.* In: CURSO DE GEOLOGIA APLICADA AO MEIO AMBIENTE – DIGEO/IPT. São Paulo, ABGE, 1995. p.231-241.

PELOGGIA, A. **O homem e o ambiente geológico: geologia, sociedade e ocupação urbana no município de São Paulo**. Ed. Xamã VM, São Paulo, 1998.

PELOGGIA, A. *A magnitude e a frequência da ação humana representam uma ruptura na processualidade geológica na superfície terrestre?* In: GEOSUL REVISTA DO DEPARTAMENTO DE GEOCIÊNCIAS – Edição Especial II SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA. Ed. da UFSC, nov.1998, v.14, nº27. p.501-502.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. Lei Complementar nº 43 de 21 de julho de 1979 – Decreto nº 6 de 29 de agosto de 1979. **Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano de Porto Alegre**. *1º PDDU.* Porto Alegre, 1980.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE/DMLU/PROJETO TÉCNICO – *Sistema Integrado de recomposição ambiental e tratamento do lixo de Porto Alegre: Aterro Sanitário, Zona Norte de Porto Alegre*. São Paulo, 1990.

PREFEITURA MUNICIPAL DE PORTO ALEGRE. *2º Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano e Ambiental de Porto Alegre* – Projeto de Lei (comentado). Porto Alegre, 1998.

REICHERT, G. A. e outros. *Proteção de águas subterrâneas na implantação de aterro sanitário.* In: ANAIS DO X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA E I SEMINÁRIO LATINOAMERICANO DE ENERGIA. UFRJ, RJ, 1999.

RODRIGUES, A. M. *A questão ambiental e a (redescoberta do espaço: uma nova relação sociedade/natureza?* In: BOLETIM PAULISTA DE GEOGRAFIA, SP, 1994, nº 73:35-71.

SERGEEV, Y.M. *Engineering geology and protection of the environment*. In: BULLETIN OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, 1980. (22):75-78.

TER-STEPANIAN, G. *Beginning of the technogene*. In: BULLETIN OF THE INTERNATIONAL ASSOCIATION OF ENGINEERING GEOLOGY, 1988. (38): 133-142.
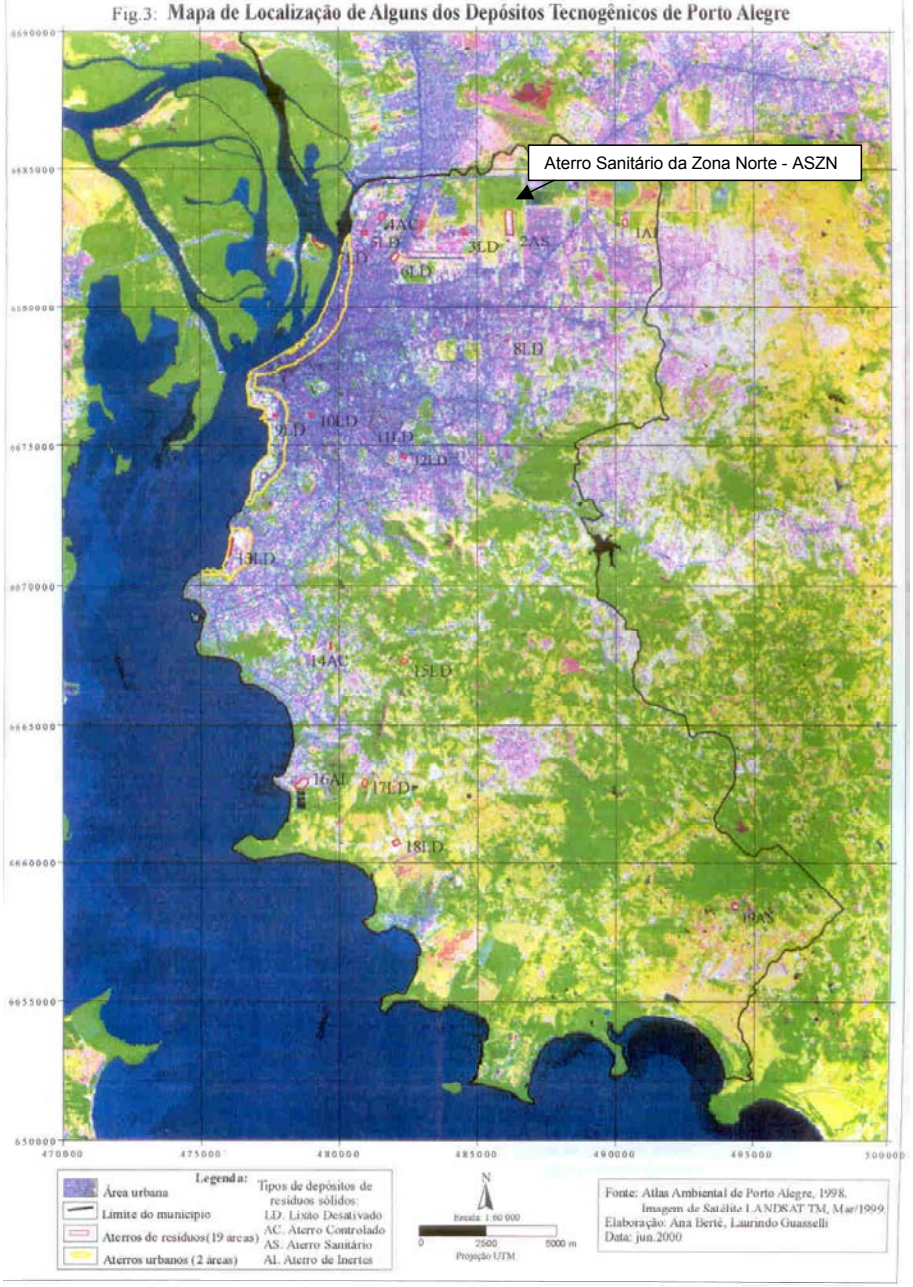
Fig.3: Mapa de Localização de Alguns dos Depósitos Tecnogênicos de Porto Alegre